

H. OOSTERINK,
Hortensialaan 64, 7101 XH Winterswijk, henkoosterink@zonnet.nl
TH. SIMON,
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Zweigstelle,
Urbanstrasse 53, 70182 Stuttgart, theo.simon@rpf.bwl.de
H. WINKELHORST,
Molenstraat 14, 7122 ZW Aalten, winkelhorst4@zonnet.nl

EEN SUBROSIEVERSCHIJNSEL IN DE MUSCHELKALKGROEVE VAN WINTERSWIJK

Tijdens een excursie op 10 juli 2004 in de Winterswijkse steengroeve namen Hans Hagdorn van het Muschelkalkmuseum in Ingelfingen Duitsland en Theo Simon het Muschelkalkprofiel van de groeve op. Het doel van deze opname was het vergelijken van dit profiel met andere Muschelkalkprofielen in Duitsland (Afb. 1). Bij deze werkzaamheden viel een deel van de westwand van groeve III op: de normaal nagenoeg horizontaal afgezette Muschelkalk ligt hier als een vast pakket maar totaal door elkaar in de wand. Dit ongeveer 30 meter brede gedeelte werd aanvankelijk als een tektonische verstoring verklaard.

Pas toen de profielopnamen waren afgesloten en de groep de steengroeve bijna had verlaten, gaf het aanzien op een wat grotere afstand van de gehele wand een verrassend beeld (Afb. 2). De vermeende verstoring werd niet voortgezet in de tegenover liggende steengroevewand en is slechts zeer lokaal gevormd. Er is geen andere verklaring voor deze structuur: het betreft een zogenaamde subrosiepijp. Dit is een verticale subrosiegang. In dit artikel zullen we over een subrosiepijp spreken. Omdat een dergelijk verschijnsel zeer zelden over een langere tijd ontsloten is en in Nederland (voor zover wij weten) nog nooit eerder is gemeld, werd dit fenomeen intensiever onderzocht. Dat gebeurde bij een tweede excursie op 16 november 2004. Op 10 augustus 2005 was het subrosieverschijnsel nog goed zichtbaar.

Wat is subrosie?

Subrosie is ondergrondse erosie. De oorzaak is oplossing van gesteenten door infiltrerend water, bijvoorbeeld grondwater. Er ontstaan dan holten in het gesteentepakket. Door het wegvallen van het draagvlak stort het dek boven de oplossingsholten in. Dit instorten, meestal in vele fasen, kan tot aan de

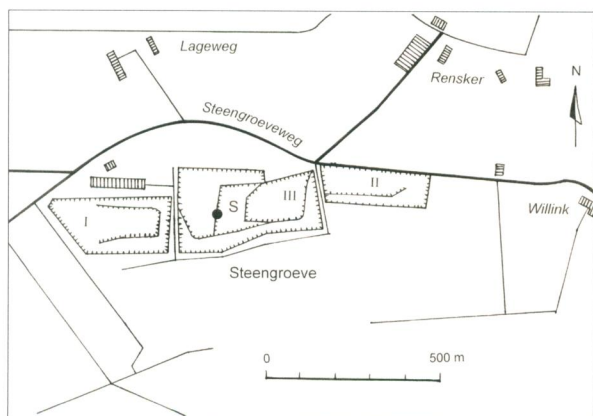
oppervlakte doorgaan. Bij het oplossen van steenzout (haliet) heeft het instorten meestal het karakter van een bijna voortdurend inzakken, zodat dan aan het oppervlak komvormige en dolineachtige depressies ontstaan.

Het uitlogingsproces van sulfaatgesteenten (gips, anhydriet) daarentegen kan aan de oppervlakte door het inzakken grote aardverschuivingen veroorzaken, soms met een doorsnede van meer dan 100 meter. De omvang van zo'n instorting is afhankelijk van de diepte van het uitlogingsproces, de afmeting van de onderaardse holte en ook de laagdikte van het bovenliggende gesteentepakket is van belang. De oplossing van sulfaatgesteenten in Zechstein en Röt (Boven-Bontzandsteen) -afzettingen heeft in Midden-Duitsland geleid tot diverse verzakkingen van honderden meters (Hundt, 1950; Jordan et al., 1986; Laemmle, 1991).

Deze inzakkingen veroorzaken chaotisch gestapelde gesteenten, zoals nu ook in de subrosiepijp van Winterswijk is aangetroffen.

Andere onderzoeken

Al in 1989 zijn zwarte kleilagen in de steengroeve opgevallen, die slechts op één plek voorkwamen. Palynologische (Herngreen, 1989) en micropaleontologische onderzoeken (Lissenberg & Witte, 1989) gaven als uitkomst te zien dat deze kleien stratigrafisch tot de Onder-Jura (= Lias; grens Hettangien/Sinemurien) behoren. Deze zwarte klei steekt vreemd af tegen de rondom liggende grijze Onder-Muschelkalkafzettingen, die bovendien veel ouder zijn (Trias). De ontstaansgeschiedenis van de kleiafzetting was in eerste instantie onduidelijk. De volgende mogelijkheden werden geopperd: opvulling in samenhang met karstverschijnselen en een tektonisch bepaald en afgegrensd



pakket (Herngreen, 1989). In 2004 kwam vast te staan, dat de zwarte Liasklei een subrosiepijp afdekt.

Eveneens in 2004 werd bij een uitbreiding van groeve III zwarte klei ontdekt en wel aan de noordkant van deze groeve. Aanvankelijk dacht men ook hier met Liasafzetting te maken te hebben, maar op grond van een palynologisch onderzoek wordt deze donkere klei tot het Rhaetien (allerbovenste Trias) gerekend (Herngreen, 2004, Herngreen e.a., 2005). Ook macropaleontologisch zijn deze kleien totaal verschillend.

Onderzoeksresultaten

De subrosiepijp is het duidelijkst zichtbaar aan de bijna verticale, ongeveer noord-zuid lopende westwand (Afb. 2). Op de direct daaronder liggende groevobodem tot aan de genoemde wand liggen gesteentepuin en door vrachtwagens vast gereden kalkklei en los gesteente. De omvang van de pijp is daarom op de bodem niet zichtbaar. De zwarte Liasklei op de subrosiepijp is een goed aanknopingspunt voor de omvang. Deze afzettingen zijn de laatste opvullingen van de subrosiepijp. Aan de onderkant van deze klei zijn soms rode vlekken en lenzen te zien, die mogelijk nog van Rhaetien ouderdom zouden kunnen zijn (Afb. 3). Waarschijnlijk waren in 1989 alleen de bovenste lagen van de zwarte klei ontsloten en onderzocht. Toch zijn gesteenten van Rhaetien hier niet met zekerheid vastgesteld. Het Rhaetien is inmiddels wel bekend aan de noordzijde van de groeve.

De geringe omvang van de zwarte klei wordt verklaard door het inzakken van de klei op de plek van de pijp. Alleen daar is nog klei overgebleven. Op één plek werd op het hoogste niveau van de wand de rand van de subrosiepijp blootgelegd; ongeveer een derde deel van de pijp is hier nog zichtbaar (Afb. 4). Dit (westelijk)

deel van de pijp laat een kromming zien, die met de in de wand zichtbare randen en de omvang van de zwarte klei wijzen op een ongeveer cirkelvormige pijp met een doorsnee van zo'n 30 meter.

De opvulling van de pijp kunnen we in tweeën delen. Het onderste gedeelte van de 11 meter hoge zichtbare subrosiepijp bestaat uit 9 meter Muschelkalkmateriaal. De bovenste 2 meter bestaat uit zwarte Liasklei.

De Muschelkalkopvulling betreft gebroken gesteente dat ongeveer 10 meter in de pijp is gevallen. Dat kunnen we concluderen uit een vergelijking tussen de pijpvulling en het in de groeve aanwezige Muschelkalkgesteente. De opvulling is dan ook grof 'stratigrafisch' gerangschikt. De min of meer 'stratigrafische' gelaagdheid kunnen we verklaren door het ontstaansproces van de subrosiepijp. Dit wordt in afbeelding 5 verduidelijkt. Op deze foto kunnen we op een bepaald niveau in het hogere deel van de pijp brokstukken van een dikke bank vervolgen.

De grootte van de brokstukken is afhankelijk van de oorspronkelijke dikte van de betreffende Muschelkalkbank. De brokken zijn zelden groter dan één meter en niet dikker dan 50 centimeter (Afb. 6). Een deel van het gesteente is tot zeer kleine kalkdeeltjes en stof verbrijzeld. De pijpvulling is dus zeer heterogeen.

Er zijn maar weinig holten in de pijp en ze meten niet meer dan 20 centimeter in doorsnee. De holten zijn gedeeltelijk gevuld door overblijfselen van bruine en zwarte waterhoudende ijzer- en mangaanverbindingen (Afb. 7).

Terwijl kalk tijdens het zakken verbroken is, is kleiige kalksteen vaak verbogen. Hier en daar zijn ook

V.l.n.r.:

Afbeelding 1.
Situatieschets van de
Muschelkalkgroeve
van Winterswijk.
S = Subrosiepijp.

Afbeelding 2.
Subrosiepijp. Boven-
op de zwarte Liasklei.
Doorsnee van de
subrosiepijp is ca.
30 meter. De pijlen
markeren de randen
van de pijp.

Afbeelding 3.
De rode vlekken en
lenzen in de zwarte
klei duiden sterk op
Rhaetien. Lengte van
de hamer is 40 cm.
(Kleurenafbeelding
op achterkant)

Afbeelding 4.
Aangesneden (west-
wand van de pijp op
het bovenste niveau.
De overgang van
Liasklei naar
Muschelkalk is
scherp en laat een
zwakke kromming
zien.

Afbeelding 5.
Vulling van de
subrosiepijp met
Muschelkalk-
gesteente. Bovenaan
kan men een zwakke
gelaagdheid van het
ingevallen materiaal
herkennen. Rechts
de rand van de pijp
met daarnaast de
'normale' Muschel-
kalkwand.

Afbeelding 6.
Pijpovulling met
licht afgeronde brok-
ken Muschelkalkge-
steente. Bovenaan is
de zwarte klei te zien.
Afmeting is 1 meter.



glijvlakken aan de klei te zien. Deze vlakken geven aan dat na het inzakken een verder afglijden heeft plaatsgevonden. Soms vormen zich kleilagen om de kalkstenen. Dit betekent dat harde brokken gesteente bij het naar beneden glijden in de kleiachtige mergel gedrongen zijn (Afb. 8).

Het Muschelkalkgesteente in de subrosiepijp oogt wat helderder dan het gesteente van de ongestoorde steengroevewand (Afb. 5). Dat komt doordat kalksteen iets lichter lijkt als het tot kleinere (en soms tot zeer kleine) deeltjes is verbrijzeld.

Er is naast de 'stratigrafische' afzetting nog een andere regelmaat in de pijpovulling. Dit betreft evenwel alleen een één meter brede randzone. Hier zijn veel brokken gesteente in de lengte en bijna verticaal gerangschikt. Ook dit is een gevolg van het ontstaansproces.

Terwijl de brokken in het midden bij het afbreken gewoon in de pijp vielen en vaak plat of bijna plat neerkwamen, braken ze langs de zijkanten maar ten dele af en kwamen ze door de kiepbeweging in een verticale stand te liggen. Ook werden stukken kalksteen die tegen de binnenwand van de pijp aankwamen gemakkelijker verticaal geplaatst.

De grens van Muschelkalk en Liasklei in de top van de pijp is scherp (Afb. 10). Een vermenging van de kalk met de zwarte klei heeft slechts in een zeer smalle strook van enkele decimeters plaatsgevonden. Sommige brokken Muschelkalk steken zo'n 20 centimeter in de klei. Aan de zuidrand bovenaan de subrosiepijp heeft zich een grote massa (circa 1 bij 2 m³) klei tot zo'n 1 meter diep in het Muschelkalkgesteente afgezet.

Een sedimentologische overgang op de grens van Muschelkalk naar Lias is niet waarneembaar. Ook zijn hier nergens karstverschijnselen te herkennen. Dit betekent dat de grens Muschelkalk/Lias alleen door een sterke gesteentewisseling gekenmerkt wordt. Een aanwijsbare oorzaak voor de enorm lange onderbreking van de sedimentatie (ongeveer 40 miljoen jaar) ontbreekt. Dat is opmerkelijk en vraagt om een verklaring (zie hierna).

De overgang van Muschelkalk naar Lias heeft bovenaan in de pijp een schuine stand van circa 5 tot 10° naar het NNW en is ongeveer gelijk aan de helling van de groevewand (zie ook Harsveldt, 1973). De lagen aan de noordkant van de pijp lopen een kleine 5° naar het westen af; na een afstand van zo'n 20 meter lopen deze weer af naar het NNW. De lagen nabij de rand van de subrosiepijp zijn hier bij het inzakken meer naar beneden gesleurd.

Het niveau waarop nu de subrosiepijp aan de bovenkant eindigt (Afb. 2 en 4) ligt ongeveer 5 tot 7 meter onder het vroegere terreinoppervlak.

Wanneer is de subrosiepijp ontstaan?

De vraag over de ontstaansperiode van de subrosiepijp kan door geologische beschouwingen ingeperkt worden. Omdat de laatste pijpovulling uit Liasklei bestaat en de sedimentatie hiervan niet in een toen al aanwezige opening heeft plaatsgevonden, kan de pijp pas na de Liasafzetting zijn ontstaan. Door het ontstaan van dit subrosieverschijnsel moet er toentertijd een grondverzakking zijn geweest. Het terrein voor de aanleg van de steengroeve liet echter geen inzinking zien. Ook zijn geen dolineachtige verzakkingen in de omgeving van de groeve bekend. Dit betekent dat de inzinking niet recentelijk is ontstaan. Toen de pijp inzakte moeten er nog vele meters Rhaetien- en/of Liasklei aanwezig geweest



V.l.n.r.:
Afbeelding 7. Holte
onder een groot stuk
kalksteen gevuld met
bruine en zwarte wa-
terhoudende ijzer- en
mangaanverbindingen.

Afbeelding 8. Kleiïge
mergel uit de Muschel-
kalk is om stukken
kalksteen gebogen.
Afmeting is 60 cm.

Afbeelding 9.
Scherpe grens tussen
de pijp-vulling van
Muschelkalk (onder)
en Rhae-tien / Lias
(boven). Lengte van
de hamer is 40 cm.

zijn. Deze kleien zijn eerder dan vanaf het begin van het Holoceen geërodeerd.

Er is nog een ander aanknopingspunt voor de ontstaansperiode, namelijk de huidige gelaagde afzetting van de Muschelkalk. In het algemeen hellen de lagen van de groeve van zuid naar noord en deze situatie bestond al voordat de subrosiepijp doorbrak. Opmerkelijk is, dat rondom de pijp de helling naar het noorden en westen groter is. Vanwege de doorbraak van de pijp ontstond daar een sterkere instort en sleuring, mogelijk met een kleine tektonische verstoring. Ook de in de omgeving aanwezige afzettingen van Oligocene ouderdom laten het (enigszins) hellen zien. In de Kwartaire sedimenten is dit echter niet terug te vinden. Hieruit kunnen we concluderen, dat de subrosiepijp jonger is dan het Oligoceen.

Zoals hierna wordt beschreven zijn in het zoutbekken (evaporiet) van het Röt uitlogingsverschijnselen waargenomen. Omdat het oplossen van steenzout, gips en anhydriet niet zo lang duurt, kunnen we zeer zeker aannemen, dat de Winterswijkse subrosiepijp van een jongere periode is dan Oligoceen. Het zou kunnen dat onder het Kwartair in de omgeving nog meer subrosiepijpen aanwezig zijn.

Vanaf welke diepte is de subrosiepijp ontstaan?

In het gebied van de steengroeve zijn de volgende afzettingen in de ondergrond bekend (NITG-TNO, 1998):

0 - 50 meter	Onder-Muschelkalk
50 - 250 meter	Boven-Bontzandsteen (Röt)
250 - 400 meter	Midden-Bontzandsteen
400 - 700 meter	Onder-Bontzandsteen
700 - 1100 meter	Zechstein

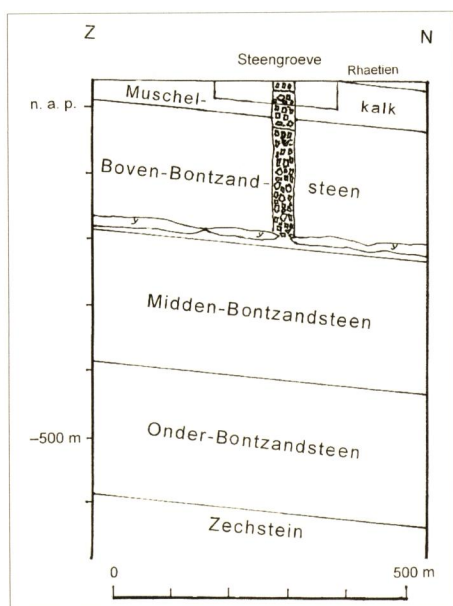
In deze gesteentelagen (zie ook Harsveldt, 1963) komen twee evaporieten voor die voor het ontstaan van de subrosiepijp van Winterswijk in aanmerking komen, namelijk de Röt-evaporiet, die zich op ongeveer 230 tot 250 meter diepte bevindt en evaporietafzettingen uit de ongeveer 400 meter dikke Zechsteinlagen. De evaporiet uit het Röt is uitgelooft en bestaat uit sulfaten en uitgelooft restgesteente. Het steenzout is hier dus geheel opgelost. De Zechsteinlagen bestaan in hoofdzaak uit steenzout en sulfaatgesteenten (Teichmüller 1957).

Volgens onderzoeken in Midden-, Oost- en Noord-Duitsland ontstonden subrosiepijpen door uitloging van evaporieten; de oorsprong kan wel 800 meter onder het aardoppervlak liggen (zie bijvoorbeeld Hundt, 1950). Subrosiepijpen zijn uit beide genoemde evaporietafzettingen beschreven. Voorbeelden uit het Zechstein van vele honderden meters lengte zijn door Laemmelen (1991) beschreven en uit het Röt én Zechstein zijn subrosiepijpen van zo'n 500 meter gemeld door Jordan et al. (1986).

Zeer waarschijnlijk werd de subrosiepijp van Winterswijk door de Röt-evaporiet veroorzaakt (Afb. 10). De boring Ratum, circa 2 kilometer ten noordoosten van de steengroeve, laat aan de basis van het Röt zoutafzettingen zien, die ook uitlogingsverschijnselen bevatten (Bentz 1933, Knapp 1975). De toenmalige dikte van het steenzout zal ongeveer 10 tot 20 meter zijn geweest. Het sulfaatgesteente zal zo'n 50 meter hebben bedragen. Deze dikte is ruim voldoende om een subrosiepijp tot aan het aardoppervlak te laten ontstaan, zoals die nu in de steengroeve is ontdekt.

De vastgestelde uitloging is een belangrijk argument voor het ontstaan van de pijp vanuit de Röt-evaporiet. Het omhoog 'breken' vanuit het Zechstein door de totale

Afbeelding 10.
Situatieschets van de
subrosiepijp vanuit
de Boven-Bontzand-
steen (= Röt).



Bontzandsteenafzettingen is minder waarschijnlijk, mede vanwege de grote afstand tussen het aardoppervlak en Zechstein (min. 700 meter). Verder is het door uitlogingsverschijnselen in het Röt (gegevens uit de boring Ratum dus) minder waarschijnlijk, dat de uitloging tot in de Zechsteinlagen zou zijn doorgedrongen. Uit de situatie van de uitloging valt verder te concluderen, dat de subrosiepijp geen grote ouderdom kan hebben, maar waarschijnlijk is ontstaan vanaf een warme periode van het Pleistoceen; misschien zelfs al in het Laat-Tertiair (Mioceen, Plioceen).

Paleogeografische overwegingen

Uit de periode tussen Vroeg-Muschelkalk en Rhaetien zijn in de steengroeve geen afzettingen bewaard gebleven. Wat gebeurde er in die tijd in de omgeving van Winterswijk (circa 35 miljoen jaar)?

Er zijn geen aanwijzingen op de grens van de Muschelkalk met het Rhaetien/Lias van een sterke regressie. Toch moet er 'iets' tot aan het totaal droogvallen zijn gebeurd, want anders bestond er geen hiaat in de afzettingen. Dit betekent dat de in die tijd afgezette Muschelkalksedimenten weer zijn geërodeerd. De kalkafzettingen in de groeve laten hier en daar slechts in de bovenste vijf meter geringe karstverschijnselen zien, hetgeen erop wijst dat het huidige Muschelkalkoppervlak niet erg lang heeft droog gelegen. Aan de oppervlakte zijn karstverschijnselen (karren) uit het Kwartair beschreven door Crommelin [1943] en Oestreich [1943].

Vermoedelijk heeft het volgende plaatsgevonden: een sedimentatie in de Vroeg- en Laat-Muschelkalkperiode; mogelijk ook nog tot in de Keuper. In deze Boven-Trias is zelfs een wisseling van erosie en sedimentatie waarschijnlijk. In het Rhaetien (allerbovenste Keuper) waren er een lange tijd sedimentaties tot aan de grens Midden- en Boven-Jura (Herngreen et al., 2000). Door

Wolburg [1956, 1969] en Beutler & Nitsch (2005) wordt eveneens aangenomen, dat een deel van de in de steengroeve van Winterswijk ontbrekende lagen tussen Onder-Muschelkalk en Rhaetien toentertijd wel zijn afgezet, maar ook weer zijn geërodeerd. Waarschijnlijk geschiedde de grootste erosie in de bewegingen van de Vroeg-Kimmerische fase (circa 220 tot 210 miljoen jaar geleden).

DANKWOORD

Wij bedanken de directeur van de Winterswijkse steengroeve, de heer Joh. Mentink, voor de toestemming om een onderzoek te doen. De heren dr. Karl-Christian Käding en dr. Jochen Fahrenschon bedanken we voor de hulp bij het aanleveren van literatuur. Dr. Waldemar Herngreen en dr. Cees Laban willen we bedanken voor het kritisch doorlezen van de tekst en het geven van waardevolle tips. Ook dank aan de heer Werner Simon, die hielp bij het opmeten en fotograferen. Tenslotte willen we dr. Hans Hagdorn bedanken voor de hulp bij het opnemen.

LITERATUUR

- Bentz, A., 1933. Erläuterungen zu Blatt Oeding 4006. Geologische Karte von Preussen und benachbarten Ländern, 1 : 25 000: 63 p. Berlin.
- Beutler, G. & Nitsch, E., 2005. Paläogeographischer Überblick. In: Deutsche Stratigraphische Kommission: Stratigraphie von Deutschland: Keuper, ca. 30 p., 11 fig. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt (in druk).
- Crommelin, R.D., 1943. Een karrenveld bij Winterswijk. Tijdschrift Ned. Aardrijksk. Gen. 60, 2: 154-163.

- Gerth, H. met bijdragen van: Hoffmann, K., 1955. Die Fossilführung des Jura in den Bohrungen der "Rijks-opsporing van Delfstoffen" bei Winterswijk und ihre stratigrafische Bedeutung. Med. Geol. Sticht. N.S. 9: 45-54. Haarlem.
- Harsveldt, H.M., 1963. Older conceptions and present view regarding the Mesozoic of the Achterhoek, with special mention of the Triassic limestones. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen. vol. 21-2: 109-130. Amsterdam.
- Harsveldt, H.M., 1973. The Middle Triassic limestone (Muschelkalk) in the Achterhoek (E. Gelderland). Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen. vol. 29: 43-50. Amsterdam.
- Herngreen, G.F.W., 1989. Resultaat van het palynologisch onderzoek van een kleimonster uit steengroeve III te Winterswijk. Rapport 2217, Rijks Geol. Dienst, Haarlem.
- Herngreen, G.F.W., 2004. Palynologisch onderzoek van de afdekkende kleilaag in steengroeve IV, Winterswijk. TNO-NITG rapport 04-199-B: 1-7, Utrecht.
- Herngreen, G.F.W., Konijnenburg-van Cittert, H.A. van, Oosterink, H.W. & Ham, R.W.J.M. van der, 2005. Nieuwe geologische, palynologische en paleobotanische gegevens (Muschelkalk, Rhaetien-Lias en Oligoceen) uit de steengroeven van Winterswijk. Grondboor & Hamer 59 - 4: 84 - 97.
- Herngreen, G.F.W., Bosch, M. van den & Lissenberg, T., 2000. Nieuwe inzichten in de stratigrafische ontwikkeling van Jura, Krijt en Onder-Tertiair in de Achterhoek. Grondboor & Hamer 4: 71-90.
- Hundt, R., 1950. Erdfalltektonik. 145 p., 136 fig. Halle an der Saale [Knapp].
- Jordan, H. met bijdragen van: Büchner, K.-H., Nielsen, H. & Plaumann, S., 1986. Halotektonik am Leinetalgraben. Geol. Jahrbuch 92: 3-66. Hannover.
- Knapp, G., 1975. Trias. In: Braun, F.J. & Thiermann, A.: Erläuterungen zu Blatt C 4306 Recklinghausen. Geologische Karte Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000: 40-52. Krefeld.
- Laemmle, M., 1991. Subrosionschlote - Vulkanschlote, einige Beispiele aus Osthessen. Geol. Jahrb. 124: 3-29. Hannover.
- Lissenberg, T., 1989. Micropaleontologisch onderzoek aan een kleimonster uit de steengroeve te Winterswijk. Rapport 497, Rijks Geol. Dienst, Haarlem.
- NITG-TNO, 1998. Geologische Atlas van de Diepe Ondergrond van Nederland. Kaartblad X Almelo-Winterswijk (met toelichting) 1:250 000. NITG-TNO, Haarlem.
- Oestreich, K., 1943. Beschouwingen omtrent een bloot gekomen karstoppervlak bij Winterswijk. Tijdschrift Ned. Aardrijksk. Gen. 60, 2: 163-166.
- Oosterink, H.W., 1986. Winterswijk, geologie deel II. De Trias-periode (geologie, mineralen en fossielen). Wet. Med. Kon. Ned. Natuurhist. Ver. 178: 1-120, Hoogwoud.
- Teichmüller, R., 1957. Ein Querschnitt durch den Südteil des Niederrheinischen Zechsteinbeckens. Geol. Jahrb. 73: 39-50. Hannover.
- Wolburg, J., 1956. Das Profil der Trias im Raum zwischen Ems und Niederrhein. Neues Jahrb. Geol. Paläont., Mh. 7: 305-330. Stuttgart.
- Wolburg, J., 1969. Die epirogenetische Phasen der Muschelkalk- und Keuperentwicklung Nordwest-Deutschlands, mit einem Rückblick auf den Buntsandstein. Geotekt. Forsch. 32: 1-65. Stuttgart.



Henskens Fossils®



DIGGING - PREPARATIONS - WHOLE SALE - EXHIBITIONS

———— Int. Dinosaur Digging Team® ————

Eikenboomgaard 11-13, 5341 CT Oss (The Netherlands)

Telefoon +31 (0) 412 634669

www.henskensfossils.nl e-mail: theo@henskensfossils.nl

Showroom geopend: za. 10.00 – 14.00 u. Verder bezoek op afspraak